Zink im Trinkwasser.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Medizinischen Fakultät der Universität Rostock

vorgelegt

von

Paul Friedr. Eißfeldt

aus **Kambs** bei Schwaan.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

Rostock.

Rats- und Universitätsbuchdruckerei von Adlers Erben, G. m. b. H.

1914.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät zu Rostock.

Referent: Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Pfeiffer.

Meinen Eltern

in Dankbarkeit gewidmet.

Literatur-Angaben.

1. König, II. Pag. 1403. Verunreinigung des Leitungswassers aus den Rohrleitungen.
2. Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel 1910, I. XIX, pag. 362.
3. Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel 1907, XIV, pag. 482.
4. Chemisches Zentralblatt v. 1898, I., pag. 399.
5. Fresenius, Quantitative chemische Analyse, pag. 575.
6. Tiemann und Gärtner, Untersuchung des Wassers.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553625_0080

Es ist eine bekannte Tatsache, daß Leitungswasser unter Umständen aus dem Materiale der Rohrleitungen Metall aufzunehmen vermag.

Von verhängnisvoller Wirkung ist dieser Umstand wiederholt bei den Leitungen aus Blei geworden, die besonders und vielfach ausschließlich für Hausleitungen Verwendung finden. Chronische Bleivergiftungen mit schweren Gesundheitsschädigungen durch Bleigehalt des Leitungswassers sind in Dessau[1]), Offenbach, Krosse, Kalau, Wilhelmshaven und in einigen englischen Städten, Manchester, Sheffield beobachtet worden. Aus Versuchen über diese äußerst wichtige Frage hat sich ergeben, daß die gleichzeitige Gegenwart von Sauerstoff und Kohlensäure im Wasser, beziehungsweise in den Leitungen, für die Auflösung des Bleis von Bedeutung ist. Ein Wasser, das nur das eine dieser Gase enthält, greift Blei nur wenig an, erst das Hinzutreten des anderen vermittelt stärkeren Bleiangriff, der am größten ist, wenn beide Gase sich der Menge nach wie 1 : 2 verhalten. Danach kann man die Lösung von Blei durch Wasser verhüten, wenn man verhindert, daß Luft in die Leitung tritt, und wenn man die im Wasser enthaltene freie Kohlensäure an Natrium- oder Kalziumkarbonat bindet und dadurch eine schützende Hülle auf der Innenseite der Röhren bildet. Diese letzte Erfahrung hat man z. B.

in Dessau praktisch zu verwerten versucht und hat dem Wasser kohlensaures Kalzium zugesetzt, um die Bildung von doppeltkohlensaurem Kalzium herbeizuführen. Die Bestrebungen, die Bleiröhren im Innern mit einem schützenden Überzuge zu versehen, führten auch zu dem Versuch, durch Zusatz von Schwefelnatrium eine Decke von Schwefelblei zu bilden, oder verzinnte Bleiröhren anzuwenden oder gar Zinnröhren mit Bleimantel. Doch befriedigend waren die Erfolge dieser Maßnahmen nicht, ganz abgesehen davon, daß Zinn als Rohrleitungsmaterial viel zu kostspielig ist. In dem letzten Falle hält die Lötung und Verbindung schwer und der Bleiangriff wird vermehrt, sobald durch Verletzung irgend welcher Stellen eine galvanische Wechselwirkung zwischen Zinn und Blei zustande kommen kann.

Am geeignetsten und gesundheitlich am unbedenklichsten würden eiserne Röhren zur Leitung des Wassers sein, aber die gußeisernen werden nur in größerem Durchmesser angefertigt, und die schmiedeeisernen haben den Nachteil, daß sie leicht rosten, und daß sie sich nicht so leicht biegen lassen, sowie bei Druckschwankungen dem Bersten ausgesetzt sind. Sie müssen bei Leitungen mit hohem Druck Verwendung finden. Da manche Wässer aus den eisernen Leitungen Eisen aufnehmen und ein schnelles und starkes Rosten der Röhren herbeiführen, so hat man die Eisenröhren vielfach innen verzinkt. Man hat aber neuerdings die Erfahrung gemacht, daß die verzinkten Röhren vom Wasser angegriffen werden, und daß von dem Zink in das Wasser derartige Mengen übergehen können, daß der Genuß

des Wassers recht bedenkliche Folgen zeitigen kann. So hat Weinland[2]) kürzlich über einen beträchtlichen Zinkgehalt eines Leitungswassers in der Zeitschrift für Untersuchungen der Nahrungs- und Genußmittel berichtet. Man war auf die Gegenwart eines Schwermetalls in nicht unerheblicher Menge im Leitungswasser des neu bezogenen chemischen Laboratoriums der Universität Tübingen durch die Beobachtung aufmerksam geworden, daß Kaliumferrozyanid in dem mit Salzsäure schwach angesäuerten Wasser in kurzer Zeit eine starke weiße Opalescenz hervorrief. Eine genauere Untersuchung ergab als Ursache dieser Opalescenz einen Zinkgehalt des Wassers, der sich auf 5,4 mg in einem Liter belief. Das Wasser entstammte der städtischen Leitung, es ist das dortige Trinkwasser, Grundwasser des Neckartals. Bei seinem Eintritt ins Laboratorium enthielt das Wasser nur sehr geringe Spuren Zink, dieses ließ sich in 6 Liter nicht quantitativ bestimmen, aber in dem verzweigten Netz verzinkter, sogenannter galvanisierter Eisenröhren nahm es rasch Zink auf.

Es wurden zur Klärung des Befundes 400 g galvanisierter Eisenrohrstücke von der Leitung des Laboratoriums mit 12 Liter des zinkfreien Wassers vor seinem Eintritt ins Laboratorium übergossen, und schon nach 14 Stunden war im Wasser nach Ansäuern mit Salzsäure durch Zusatz von Kaliumferrozyanid eine starke weiße Trübung zu beobachten. Andererseits wurde dasselbe Wasser mit den Feilspähnen des Messings, aus dem die Messinghähne des Laboratoriums bestanden,

geschüttelt, aber dieses Wasser wies in derselben Zeit keinen Zinkgehalt auf.

Nachdem sich so ergeben hatte, daß das Zink aus den verzinkten Eisenröhren stammte, wurde auch das Wasser benachbarter Wohnhäuser untersucht, und es bestätigte sich die gehegte Vermutung, daß auch dieses Wasser zinkhaltig sei, denn es fand sich teils die gleiche Menge, teils weniger Zink als in dem Laboratoriumswasser. Da nun in ganz Tübingen, wie Weinland zu berichten weiß, allgemein verzinkte Eisenröhren zur Leitung des Wassers in den Wohnhäusern benutzt werden, während die Zuleitungsrohre aus Gußeisen sind, so wird also dort jahraus jahrein zinkhaltiges Trinkwasser verwendet.

Ein gleichfalls den Zinkgehalt des Wassers betreffender Bericht liegt aus dem chemischen Untersuchungsamt der Stadt Hannover vor[3]).

Dorthin wurde von einem Gute eine Probe Wasser übersandt mit der Bitte, es auf seine Brauchbarkeit als Trinkwasser zu untersuchen. Anlaß zu dem Untersuchungsantrag war, daß man beobachtet hatte, daß ungekochtes Wasser in Flaschen und Gläsern einen weißen Absatz lieferte, Fleisch beim Kochen eine rote Farbe annahm, und Gemüse wie Bohnen und Erbsen grün gefärbt wurden.

Eine genaue Untersuchung der Wasserprobe ergab einen hohen Zinkgehalt. Zinkoxyd war in der Menge von 32,4 mg in einem Liter vorhanden, und eine Besichtigung an Ort und Stelle klärte die Sachlage schnell auf. Die übersandte Probe stammte aus einer Pumpe,

die in der Nähe der Wirtschaftsgebäude lag, der zugehörige Brunnen dagegen befand sich in 100 m Entfernung im freien Feld und war mit der Pumpe durch ein außen und innen verzinktes gußeisernes Saugrohr verbunden. Das Wasser hatte dessen Zinküberzug angegriffen und dadurch Zink aufgenommen, das Wasser des Brunnens selbst aber enthielt kein Zink. In diesem Falle war das Wasser wegen seines hohen Zinkgehalts weder zum Trinken noch zum Kochen zu verwenden. Sein Genuß hatte zu ernsten Magenbeschwerden bei verschiedenen Familienmitgliedern geführt. Beim Kochen wurde es milchig-trüb, und das ausgeschiedene flockige Zinkoxyd lagerte sich auf den Speisen und an den Gefäßwandungen ab.

Im chemischen Zentralblatt von 1898[4]) führt auch Richards eine kurze Beobachtung über Zinkgehalt des Leitungswassers an.

Es handelt sich in dem Falle um ein Quellwasser, das durch eine zwei englische Meilen lange Leitung aus verzinkten Eisenröhren geleitet wurde. Nachdem es diese Strecke durchlaufen hatte, wies das vorher klare Wasser eine Trübung auf und enthielt 5,12 Grains Zinkdikarbonat in der Gallone.

Ins Hygienische Institut zu Rostock sind vor einiger Zeit einige Wasserproben zur genaueren Untersuchung eingesandt worden, die zum Teil einen recht beträchtlichen Zinkgehalt zeigten und auf die Unbrauchbarkeit der verzinkten Leitungsröhren hinwiesen.

Von einem Fabrikbesitzer in Grabow wurden zwei Wasserproben übersandt, zu denen er folgende Angaben

machte. Vor ca. 10 Jahren habe er in seiner Fabrik ein Rohrnetz aus verzinkten Eisenröhren angelegt und dieses aus einem 14 m tiefen Bohrbrunnen gespeist; das Wasser wäre s. Zt. von einem Sachkundigen als zu Trinkzwecken wohl geeignet bezeichnet worden. Nach einigen Jahren jedoch habe das Wasser einen üblen Geruch bekommen; er habe als Ursache eine Dung-Senkgrube vermutet, die sich in 10 m Entfernung von dem Pumpenrohre befand, habe sie entfernen lassen, doch ohne Erfolg. Das Wasser röche besonders schlecht, wenn es längere Zeit in den Röhren gestanden habe, und weise eine braun-schwarze Farbe auf, doch wäre es nach Angabe seiner Arbeiter direkt der Pumpe entnommen von recht gutem Geschmack.

Die Untersuchung der ersten Probe, die aus der Pumpe entnommen war, ergab, daß das Wasser fast völlig rein und für Trink- und Wirtschaftszwecke durchaus geeignet war, wohingegen sich in der zweiten Probe, die aus dem Wasser bestand, das längere Zeit in dem Rohrnetz gestanden hatte, Zink und Eisensalze in Lösung vorfanden (52,2 mg. Zn.).

Ein gleichzeitig übersandter Probe-Absatz aus dem Wasserkasten des Klosetts, die einen fauligen, schwarzen, schmierigen Schlamm darstellte, bestand in der Hauptsache aus einem Gemenge von Schwefelzink und Schwefeleisen. Mit Bleipapier ließ sich in dem Wasser die Gegenwart von Schwefelwasserstoff nachweisen, und beim Behandeln des Wassers mit Salzsäure entstand ein starker Geruch nach Schwefelwasserstoff.

Ein äußerst interessanter Fall kam ferner durch die

Untersuchung einer Probe Wasser aus Gelbensande bei Ribnitz zur Kenntnis, den ich in folgendem ausführlich schildern möchte. Dort war im Herbst des Jahres 1908 eine Leitung aus verzinkten Eisenröhren neu angelegt worden, um das Wasser eines Brunnens eine ca. 80 m lange Strecke bis zum Orte seiner Verwendung — der Dorfpumpe — zu leiten. Doch diese Anlage sollte sich nur ein halbes Jahr als brauchbar erweisen, denn nach dieser Frist bekam das sonst klare farblose Wasser eine stark gelbliche Färbung, war zum Kochen und Waschen von Kleidungsstücken nicht mehr zu verwenden. Da die Rohrleitung in der Nähe einer Dunggrube verlief, so wurde wohl zunächst diese als Ursache der Veränderung der Beschaffenheit des Wassers ins Auge gefaßt; man dachte an die Möglichkeit eines Hineinsickerns von Jauche an defekten Stellen der Leitung. Doch die genaue chemische Untersuchung schaltete diese Vermutung aus und maß allein der metallischen Zusammensetzung der Leitungsröhren die Schuld zu.

Es waren drei Wasserproben eingesandt worden; eine von dem Wasser, wie es der Brunnen enthielt, also ehe es die Leitung passiert hatte, sodann eine von dem Wasser, das die Leitung durchflossen hatte, und außerdem noch eine Probe von diesem letzteren, nachdem es abgekocht worden war.

Die erste Probe war ein farbloses, neutral nagierendes Wasser, das als Bodensatz einige gelbbräunliche Flöckchen aufwies; es enthielt im Liter an gelösten Bestandteilen 806 mg; an Chlor 146,26 mg und an NH_3 0,5 mg;

auffallend war sein Reichtum an N_2O_5, von dem es 288,4 mg enthielt, was den Schluß gestattete, daß es aus Bodenschichten stammte, die durch Abfallstoffe menschlicher Wohnstätten mit Zersetzungsstoffen äußerst stark beladen sind.

Eine von dieser völlig verschiedene Zusammensetzung ergab die Untersuchung der zweiten Probe des Wassers, das die Rohrleitung durchströmt hatte. Es war farblos, etwas getrübt, reagierte schwach alkalisch und zeigte einen reichlicheren gelbbraunen Bodensatz, der zum größten Teil aus Eisenoxyd bestand. Der äußerst hohe Abdampf-Rückstand betrug 1592 mg, der Cl-Gehalt 302,8 mg, NH_3= 1,0 mg; außerdem waren sehr viel N_2O_3 und 229,6 mg N_2O_5 vorhanden. An Eisen fanden sich 20 mg vor, der Sauerstoff-Verbrauch betrug 11,23 mg; Kohlensäure war in großer Menge als Bikarbonat-Verbindung und frei vorhanden.

Die Untersuchung der dritten Probe, die gekocht war, ergab im wesentlichen keine neuen Momente.

In dem Wasser hatte sich nur infolge des Kochens etwas kohlensaurer Kalk abgeschieden, der sich in wetzstein- und würfelförmigen Kristallen vorfand und sich nach Säurezusatz unter Gasentwicklung auflöste.

Nach diesem Untersuchungsbefund mußte zunächst angenommen werden, daß zwei ganz verschiedene Wassersorten vorlagen, denn damals war über die Zusammengehörigkeit der Wässer näheres nicht bekannt, Als auf eine Anfrage hin der Zusammenhang der zwei Wasserentnahmestellen klar gelegt war, wurde vermutet, daß die Dorfpumpe ein Gemisch dieses Wassers und eines

verunreinigten Zuflußwassers ansaugte. Eine örtliche Besichtigung führte zu der schon erwähnten Feststellung, daß der Kesselbrunnen, aus dem die erste Probe unmittelbar geschöpft war, durch eine Heberleitung Wasser in den Dorfbrunnen lieferte. Die Leitung bestand aus verzinkten Eisenröhren, sie war vollkommen dicht. Die Dorfbewohner erklärten, daß das Wasser sich in seiner Beschaffenheit bessere, wenn viel gepumpt würde, und daß es völlig unbrauchbar sei, wenn es am Morgen frisch entnommen werde, wenn also das Brunnenwasser längere Zeit in der Leitung gestanden hatte.

Eine Probe so schlechten Wassers, das längere Zeit in der Leitung verweilt hatte, wurde der Untersuchung unterzogen. Sie ergab einen Abdampf-Rückstand von 1244 mg, einen Cl-Gehalt von 272 mg, einen Gehalt an N_2O_5 von 130,9 mg. N_2O_3 war sehr reichlich vorhanden. Der flockige rotbraune Absatz bestand aus Eisenoxyd = 22 mg Eisen. Der Sauerstoff-Verbrauch wurde zu 9,44 mg ermittelt; außerdem fand sich Zink in sehr großer Menge.

Hält man sich die drei Analysenbefunde gegenüber, wie durch die folgende Tabelle geschieht, so muß geschlossen werden, daß auf das Wasser in der Leitung ein reduzierender Prozeß einwirkte, denn ein großer Teil der Salpetersäure wurde in salpetrige Säure verwandelt. Ein solcher reduzierender Prozeß konnte durch die Auflösung von Zink aus der Verzinkung des Eisenrohres zustande kommen. An defekten Stellen mußte sich ja bei dem großen Gehalt des Wassers an Salzen ein galvanisches Element bilden. Es wurde auf Anwesenheit

von Zink geprüft. Dieses Metall war in erheblicher Menge in Lösung vorhanden. Nunmehr wurde der Rat erteilt, die verzinkte Leitung durch eine solche aus asphaltierten Eisen-Röhren zu ersetzen. Als das geschehen war, hörten die Klagen über die Beschaffenheit des Wassers der Dorfpumpe sofort auf.

	Probe 1 Wasser aus dem Kesselbrunnen	Probe 2 Wasser aus dem Dorfbrunnen	Probe 3 Wasser aus der Leitung
A. R.	806	1592	1244
Cl	146	303	272
N_2O_3	0	sehr viel	sehr viel
N_2O_5	288	229,6	131
NH_3	0,5	1	—
O. V.	—	11	9,4
Fe.	—	20	22
Zn	0	—	sehr viel

Seit dieser Beobachtung ist öfters bei Wasseranalysen im Hygienischen Institut auf Gegenwart von Zink im Wasser geprüft worden und zwar jedes Mal, wenn in den Wässern viel salpetrige Säure und Eisenoxyd gefunden wurde. Wiederholt wurde so festgestellt, daß das Wasser von Pumpen, deren Saugröhren aus verzinktem Eisen bestanden, Zink enthielt. Da nun eine Verwendung solcher verzinkter Eisenröhren als Saugröhren vielfach üblich ist, so besteht die Gefahr der Schädigung der Konsumenten von Wasser aus solchen

Brunnen mit verzinkten Saugröhren, und es erwächst die Notwendigkeit, die Bedingungen festzustellen, unter welchen Zink aus Saugröhren und Leitungen in das Wasser aufgenommen wird. In den im folgenden geschilderten Versuchen habe ich mich bemüht, zu ermitteln, unter welchen Verhältnissen Zink in größerer Menge in das Wasser aufgenommen wird, und welche Veränderungen ein Wasser durch sein Verweilen in Zink abgebenden Leitungsröhren erfahren kann.

Es wurden in einer Reihe von Glasgefäßen ca. 10 cm lange Stücke von innen verzinkter eiserner Röhren in verschiedene Sorten Wasser getaucht und darin längere Zeit belassen. Ferner wurden in eine zweite Gruppe von Gefäßen mit Zinkrohrstückchen in Wasser verschiedener Beschaffenheit Luft und Kohlensäure eingeleitet. Es wurde fortlaufend beobachtet, welche Veränderungen die Rohrstücke erfuhren und welche sich in dem Aussehen des Wassers vollzogen. Endlich wurden die verschiedenen Wassersorten nach monatelanger Dauer ihrer Berührung mit den Zinkrohrstücken (vom 7. II. bis 7. V. 13) untersucht. Die Ergebnisse der Versuche sind im Nachstehenden näher geschildert. Was aus ihnen zu folgern ist, soll am Schlusse in einer kurzen Zusammenstellung dargelegt werden.

I. Je drei 1 Liter fassende Pulverflaschen wurden mit destilliertem Wasser, mit Leitungswasser aus der Rostocker Wasserleitung und mit dem ziemlich stark verunreinigten Grundwasser aus dem Kesselbrunnen auf dem Hofe des Hygienischen Instituts beschickt. In jede Flasche kam ein 10 cm langes, 3½ cm in lichter

Weite messendes galvanisch verzinktes Eisenrohr von 5 mm Wandstärke. Die Flaschen wurden mit durchbohrten Korkstopfen verschlossen; durch die Bohrung wurde ein winklig gebogenes Glasrohr bis auf den Boden des Gefäßes so geführt, daß es zugleich auch durch das Rohrstück verlief. Mittels einer Kohlensäure-Bombe, Y-Röhren und Gummischläuchen wurde ein kräftiger Kohlensäure-Strom durch das Wasser in den Flaschen hindurchgeleitet; durch Klemmschrauben wurde die Stromstärke reguliert.

Während der drei Monate dauernden Durchlüftung des Wassers mit Kohlensäure stellte ich folgende Veränderungen an den Rohrstücken und an den Wässern fest.

a) An dem Rohrstück im destillierten Wasser zeigten sich wenige Tage nach Beginn der Durchlüftung allenthalben kleine Gasbläschen an der Außenseite, die durch die Rauhigkeiten der Oberfläche ziemlich hartnäckig festgehalten wurden. An den Stellen, wo sie hafteten, wurde die Oberfläche des blanken Eisens leicht rostig. Das Wasser selbst zeigte an der Oberfläche ein zartes weißliches Häutchen und eine Ablagerung von weißlichen Schüppchen und rostfarbenen Flöckchen am Boden des Glasgefäßes. Diese Erscheinungen blieben während der ganzen Dauer der Durchlüftung im wesentlichen unverändert bestehen.

b) Im Leitungswasser hatten sich schon frühzeitig Bläschen angesetzt; der Zylinder wies bei Beendigung des Versuches vereinzelte zarte rostfarbene Effloreszensen auf, die an einigen Stellen durch engeres Beisammenstehen als Flecken erschienen. Die Oberfläche

des Wassers war klar, der Gefäßboden aber gleichfalls mit rostfarbener Substanz stark bedeckt.

c) Es ließ das vorher glatte Rohr im Pumpenwasser zahlreiche kleine zarte rostfarbene Auflagerungen beobachten, die die Außen- und Innenseite des Rohres bedeckten. Der Boden des Gefäßes zeigte starken rostfarbenen Satz; das Wasser war sonst in seinem Aussehen nicht verändert.

II. Ein zweiter Versuch wurde in ähnlicher Weise mit den Zinkröhren unter Durchleitung von Luft angestellt.

Mit Hilfe eines Wassergebläses wurde die Luft durch einen Absortionsturm von mit Natronlauge getränktem Bimstein und durch Kontrollflaschen mit Barytwasser geleitet, damit sie sicher entkohlensäuert wurde, und ferner durch Gummischläuche mit Klemmschrauben zu möglichst gleichmäßiger Durchströmung durch die Flaschen mit den Zinkröhren gezwungen.

a) Am frühesten traten Veränderungen an dem Zinkrohr auf, das im destillierten Wasser stand. Es bildeten sich auf dem oberen Rohrdurchschnitt Rostflecke, die in kurzer Frist den ganzen Kreis bedeckten. Sie fielen besonders auf, weil die Umgebung sich schnell mit zarten weißen Auflagerungen bedeckte. Bei Beendigung des Versuches war am Rohr am oberen wie unteren Ende eine starke Rostbildung zu konstatieren. Die weißlichen Auflagerungen waren an der inneren, wie äußeren Seite des Rohres in erheblicher Stärke vorhanden. Das

Wasser war klar geblieben, auch wies der Boden keinen Absatz auf.

b) Im Leitungswasser waren schon am 3. Tag des Versuches zarte weißliche Auflagerungen an der Oberfläche des Rohres zu beobachten, die bei schneller Zunahme das Rohr wie mit zarten Pilzchen bedeckt erscheinen ließen. Die weiße Farbe dieser Auflagerungen ging nach Herausnahme in einen gelblichen Ton über, genau so, wie die der Auflagerungen am Rohre im Pumpenwasser, im Gegensatz zu denen, die sich im destillierten Wasser an dem Rohr gebildet hatten, die weiß blieben.

c) Im Pumpenwasser hatten sich die anfangs geringen äußerst zarten Exkrescenzen dauernd vermehrt, jedoch hatten sie im Gegensatz zu den andern bereits erwähnten ein schmutzig-graues Aussehen.

III. Der dritte Versuch bestand darin, daß Zinkröhren in verschlossene, mit Leitungs- und Pumpenwasser angefüllte Gefäße gestellt wurden.

a) Im Leitungswasser zeigte der Zylinder bei Beendigung des Versuches an der Außenseite keine Veränderungen. An der Innenseite fielen besonders am unteren Ende derbe weiße Auflagerungen auf. Das Wasser war klar bis auf zarteste weißliche Partikelchen, die auch in geringer Anzahl auf dem Boden des Gefäßes zu finden waren.

b) Im Pumpenwasser war der Versuch insofern mißglückt, als infolge nicht völlig dichten Glasverschlusses nach Wasserverdunstung das obere Ende des Zinkrohres kurze Zeit in Luft gestanden hatte. Hier

oben hatten sich Rostflecken und weißliche Efflorescenzen gebildet, während der Zylinder im übrigen keinerlei Veränderungen erkennen ließ. Das Wasser war ziemlich klar; bei Bewegung senkten sich leichte weißliche Schüppchen, die auf der Oberfläche schwammen auf den Boden des Gefäßes, der im übrigen sehr zart mit rostfarbener Substanz bedeckt war. Wo das Zinkrohr auf dem Gefäßboden aufgestanden hatte, war ein dicker Rostring zu beobachten.

Die Analysen der Wasserproben wurden nach den Regeln der abgekürzten Wasseranalyse durchgeführt, wie sie in dem Lehrbuche von Tiemann-Gärtner und in Fresenius: Quantitative chemische Analyse für Eisen- und Zinkbestimmung, angegeben sind. Zur Übersicht gebe ich zunächst eine Zusammenstellung der Analysenwerte von den zu den Versuchen benutzten Wässern vor Anstellung der Versuche.

	Pumpenwasser	Leitungswasser
A. R.	1250	300
Cl	86,4	28,8
NH_3	1,55	0,0051
O. V.	5,2	5,5
N_2O_3	3,9	—
N_2O_5	223	74,4
SiO_2	21,3	—
Fe.	—	—
Zn.	—	—

Es fällt der sehr hohe Abdampf-Rückstand des Pumpenwassers auf, im Gegensatz zu dem nur geringen des Leitungswassers. Bei gänzlichem Fehlen von N_2O_3

im Leitungswasser beachten wir einen verhältnismäßigen hohen Gehalt an N_2O_5, der vermuten läßt, daß infolge der winterlichen Niederschläge viele ZersetzungsProdukte gerade zur Zeit der Untersuchung in das Leitungswasser (filtriertes Flußwasser) gelangen konnten, denn zu anderen Zeiten war es nicht zu konstatieren. Im Pumpenwasser war nur eine mäßige Menge N_2O_3 und NH_3, während das Leitungswasser nur Spuren von NH_3 beherbergte. Äußerst groß ist der Gehalt des Pumpenwassers an N_2O_5, was sich daraus erklärt, daß auf dem Hofe des Hygienischen Institutes, auf dem sich der Kesselbrunnen befindet, viele Versuchstiere in offenen Buchten gehalten werden.

Ich lasse nunmehr die Tabellen folgen, in denen die genauen Werte für die einzelnen Bestandteile der Wässer nach Beendigung der Versuche übersichtlich zusammengestellt sind. Das Zink wurde als Sulfid gewogen, nachdem es im Roseschen Tiegel im Wasserstoffstrom geglüht war.

Zusammenstellung der Proben nach Kohlensäure-Durchleitung.

		Destilliertes Wasser	Leitungswasser	Pumpenwasser
	A. R.	590,0	590,0	1130,0
	Cl	12,8	41,6	99,2
	NH_3	—	—	0,4
	O. V.	2,3	4,1	6,7
	N_2O_3	0,17	0,03	40,8
	N_2O_5	—	—	—
	SiO_2	—	0,6	20,2
gelöst und suspendiert	Fe.	17,0	31,4	7,2
	Zn	255,2	281,6	143,0

Zusammensetzung der Proben nach Luft-Durchleitung.

		Destilliertes Wasser	Leitungs-wasser	Pumpen-wasser
	A. R.	50,	110,0	1090,0
	Cl	9,6	40,0	115,2
	NH_3	1,2	0,9	0,3
	O. V.	0,6	2,8	4,1
	N_2O_3	0,03	0,08	—
	N_2O_5	—	—	—
	SiO	—	—	25,2
gelöst und	Fe	3,1	Spuren	28,9
suspendiert	Zn	74,3	96,1	45,6

Zusammensetzung der Proben nach längerem Stehen mit den verzinkten Röhren in verschlossenen Gefäßen.

		Leitungswasser	Pumpenwasser
	A. R.	140,0	700,0
	Cl	48,0	134,4
	NH_3	0,34	8,6
	O. V.	5,3	16,4
	N_2O_3	5,8	24,8
	N_2O_5	—	—
	SiO_2	3,7	27,0
gelöst und	Fe	6,4	16,0
suspendiert	Zn	—	185,3

Wie aus den Tabellen zu sehen ist, haben die Wasserproben infolge der Berührung mit den verzinkten Eisenröhren ganz wesentliche Veränderungen in ihrer chemischen Beschaffenheit erfahren, Veränderungen,

die, falls eine hygienische Beurteilung der Proben erforderlich gewesen wäre, und zu dieser Zeit die Gegenwart von Zink nicht bekannt gewesen wäre, zu Beanstandungen hätten führen müssen. Lediglich durch die Einwirkungen der verzinkten Eisenröhren auf die Wässer hatten diese Eigenschaften erlangt, die sie als erheblich verunreinigt erscheinen lassen mußten. Bemerkenswerte Unterschiede bieten die Proben, die der Durchlüftung mit CO_2 ausgesetzt waren. Nicht nur hatten sich erhebliche Mengen Eisen und Zink im Wasser gelöst, sondern es waren auch namhafte Mengen von salpetersauren Salzen teils verschwunden, teils zu salpetrigsauren Salzen reduziert worden. Das destillierte Wasser hatte unter der Einwirkung der CO_2-Durchleitung 590 mg gelöste Stoffe aufgenommen, davon allein 255,2 mg Zink = 490,8 mg Zinkkarbonat und 17,0 mg Eisen = 35,0 mg Eisenkarbonat.

Auch im Leitungswasser, das ursprünglich nur 300 mg gelöste feste Stoffe beherbergte, waren bedeutend größere Mengen an diesen vorhanden, der Abdampf-Rückstand nahezu verdoppelt; Zink zum teil gelöst, zum teil suspendiert, wurde mit 289,6 mg für das Liter nachgewiesen, Eisen mit 31,4 mg; die Salpetersäure war vollständig verschwunden. Die große Menge der N_2O_5, die das Pumpenwasser vor dem Versuch beherbergt hatte, war ebenfalls verschwunden, dafür aber die enorme Menge von 40,8 mg salpetrige Säure vorhanden. Auch in diesem Wasser war Zink und Eisen in Lösung und zwar überwog in der bestimmten Gesamtmenge des Zinks das gelöste, da ja, wie oben erwähnt,

keine weißen Absätze am Boden der Flaschen gefunden wurden.

In denjenigen Proben, die der Durchlüftung mit entkohlensäuerter Luft ausgesetzt waren, war der Abdampf-Rückstand nicht erhöht, im Gegenteil im Leitungs- und Pumpenwasser erheblich verringert. Offenbar hat der Luftstrom die doppelt gebundene CO_2 aus diesen Wasserproben verjagt, so daß unlöslicher kohlensaurer Kalk abgeschieden wurde. Dafür war aber auch hier der Gehalt an Zink lange nicht so groß wie bei den mit CO_2 behandelten Wässern. Es fehlte eben das Lösungsmittel für das oxydierte Zink. Auch der Eisengehalt war abgesehen von demjenigen im Pumpenwasser geringer.

In den Wasserproben, die lediglich in Berührung mit den verzinkten Eisenröhren gewesen waren, hatte sich teils kein Zink gelöst (Leitungswasser), teils sehr viel (Pumpenwasser), auch Eisen in Form von Oxyd abgeschieden. Bei diesen Proben ist besonders auffällig die Reduktion der Salpetersäure zu salpetriger Säure, von der 5,8 mg und 24,8 mg nachweisbar waren, während ursprünglich keine (Leitungswasser) und nur 3,9 mg (Pumpenwasser) vorhanden gewesen waren.

Es hat sich also aus diesen Versuchen ergeben, daß verzinktes Eisen als Röhrenmaterial Anlaß zu erheblichen Veränderungen in der Beschaffenheit des Wassers geben kann. Es können namentlich bei Gegenwart von freier Kohlensäure außerordentlich große Mengen Zink und Eisen in das Wasser übergehen, es können Bestandteile, wie die Salpetersäure, vollständig verschwinden, ja es

kann salpetrige Säure in erheblicher Menge durch einen Reduktions-Vorgang gebildet werden, und für den hygienischen Begutachter die Einwirkung einer erheblichen Bodenverunreinigung, direkter verunreinigender Zuflüsse vorgetäuscht werden. Man wird in Zukunft bei der Analyse von Brunnenwässern zum Zwecke ihrer Begutachtung vom gesundheitlichen Standpunkt aus nicht versäumen dürfen, wenn durch die Analysen auffällige Beschaffenheiten der Wasserproben ermittelt werden, auf Zink zu prüfen. Man wird anderseits aber zur Verhütung von Gesundheitsschädigungen durch in Wasser gelöstes Zink die Verwendung von verzinkten Eisenröhren für die Saugröhren und für Leitungsröhren einschränken müssen und verzinkte eiserne Leitungsröhren namentlich dann zu vermeiden haben, wenn die Gefahr besteht, daß das Wasser längere Zeit in ihnen stehen bleibt, weil dann recht erhebliche Mengen Zink in Lösung gehen können, besonders wenn das Wasser reicher an Salzen ist und freie Kohlensäure enthält.

Vorliegende Arbeit entstand im Hygienischen Institut der Universität zu Rostock auf Anregung und unter Leitung von Herrn Geheimrat Prof. Dr. Pfeiffer.

Ich werde meinem hochverehrten Lehrer für die Förderung meiner Studien stets zu Dank verpflichtet bleiben.

Lebenslauf.

Ich wurde am 28. März 1887 zu Kambs bei Schwaan als Sohn des Hausgutspächters Paul Eißfeldt und seiner Gemahlin Frieda, geb. Lübcke, geboren, bekam bis zum 11. Lebensjahre im Elternhaus Privatunterricht und besuchte von 1899 das Städtische Realgymnasium zu Güstrow, wo ich Ostern 1907 das Abiturium bestand. Zum Studium der Medizin weilte ich in München, Freiburg in Baden, Kiel, Berlin und Rostock. Das Physikum bestand ich 1910 in Freiburg, das medizinische Staatsexamen 1912/13 in Rostock. Als Medizinalpraktikant war ich im Hygienischen Institut, in der Chirurgischen und Medizinischen Klinik zu Rostock tätig. Am 18. März 1914 erhielt ich die Approbation als Arzt.